

Evaluación del riesgo por inundación y pérdida de cultivos agrícolas en el municipio de Popayán, Cauca, Colombia aplicando Sistemas de Información Geográfica -SIG-.

Autores.

Mary Luz López Zapata - mllopezz@unadvirtual.edu.co

Yissel Carolina Urrea Bravo - ycurreab@unadvirtual.edu.co

Docente asesor.

Gina Carolina Posada Correa - gina.posada@unad.edu.co

Resumen

El municipio de Popayán se encuentra ubicado en el departamento del Cauca, Colombia, cuenta con una amplia área de cultivos permanentes y heterogéneos que requiere gestión adecuada en cuanto a uso de suelo y actividades de protección para la gestión del riesgo en la zona plana del municipio. Para el estudio se utilizó el software ArcGISPro Versión 3.3.2 como herramienta de Sistemas de Información Geográfica -SIG- para realizar el análisis multicriterio de siete capas insumo con característica vectorial y ráster que abarcan Municipios, departamentos, Modelo de Elevación Digital -DEM- del municipio de Popayán, pendientes, Cobertura Land Cover de Popayán, distancia entre drenajes y precipitación promedio de octubre (1991-2020).

Se encontró que desde la zona nororiental hasta la zona centro del municipio existe riesgo de inundación alto y muy alto, abarcando 12055,59 hectáreas y 13935,21 hectáreas respectivamente, las mismas representan un 25,1% y 29% del área total. Además, 49,9% del municipio representa las zonas agrícolas en 23969,6 hectáreas, gran parte de esta se encuentra en las zonas de riesgo mencionadas. Se aplicaron diferentes geoprosos para obtener la zonificación de áreas con diferentes riesgos de inundación que permitió generar recomendaciones para las zonas cultivadas con riesgo de inundación alto y muy alto.

Palabras claves: Análisis multicriterio, Cultivos, Niveles de riesgo, Sistema de Información Geográfica -SIG-.

Introducción

El Río Cauca es de gran importancia para el departamento del Cauca, así se expresa a continuación:

“La cuenca alta se extiende desde el Macizo Colombiano hasta los límites con el Valle del Cauca, entre las cimas de las cordilleras Occidental y Central. Su altitud varía desde los 4.700 m en la cima del volcán Puracé y los 950 m en el valle aluvial del Cauca, con un área aproximada de 7.368 km²,

representando el 24.15% del área total del departamento. Abarca 23 municipios de los 42 que conforman el Departamento del Cauca, presentando la mayor concentración poblacional en los municipios de Popayán, Puerto Tejada y Santander de Quilichao” (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2009, p.6).

Al tener gran oferta hídrica el municipio de Popayán resalta por el gran número de afluentes que en temporadas de lluvia pueden generar emergencia por inundaciones, la zona

rural no es la excepción, se generan pérdidas en la agricultura debido al aumento del nivel hídrico en los diferentes cauces presentes en la ciudad. El Plan de Ordenamiento Territorial - POT- referencia que:

“las subcuencas de los ríos Piedras y Molino que surten de agua al Acueducto Municipal y de los ríos Ejido, río blanco, Pisojé y río Negro y las subcuencas de los ríos Las Piedras, Molino, Pisojé, Ejido, Hondo, Palacé, presentan problemas asociados con el deterioro por acción antrópica” (Alcaldía de Popayán, 2013, p.1,25).

El POT del municipio de Popayán contempla políticas de uso del suelo que buscan gestionar adecuadamente los recursos rurales, una de las políticas es “evitar el deterioro y el desequilibrio del medio ecológico del área rural y dar pautas para el desarrollo y la ocupación ordenada y racional de la misma” (Alcaldía de Popayán, 2013, p.40). Esta política, permite no excederse con la expansión de la frontera agrícola y proteger la franja de las fuentes hídricas que recorren el municipio.

Los Sistemas de Información Geográfica -SIG- permiten la representación de elementos visuales que usando diferentes softwares y geovisores ayudan a la toma de decisiones. Para el presente estudio se trabajará con el “software ArcGIS Pro, Versión 3.3.2” (ESRI inc. 2024) cargando capas y aplicando geoprocursos que permiten conocer el estado actual de los cursos de agua mencionados dentro del sistema hidrográfico del municipio de Popayán – Cauca, gracias a las precipitaciones que se presentan en el mes de octubre, cuyo aumento puede representar diferentes riesgos de inundación en los cauces de las microcuencas y subcuencas. Como usuario, el estudio busca proyectar la amenaza

actual y/o futura de riesgo de inundación que pueden afectar áreas de producción agrícola que no solo abastecen la zona urbana del municipio sino de otros departamentos del país.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el riesgo de inundación de la zona rural cultivada de acuerdo con precipitaciones de octubre desde el año 1991 al 2020 y aplicando software de Sistema de Información Geográfica -SIG- en el municipio de Popayán, Cauca.

Objetivos específicos.

Identificar el área cultivada en la zona rural del municipio de Popayán – Cauca.

Demostrar mediante el uso del software ArcGIS Pro la relación que tiene el promedio de precipitaciones del mes de octubre (1991-2020) con las zonas que presentan diferentes riesgos de inundación.

Definir recomendaciones técnicas de prevención y mitigación para las zonas con riesgo de inundación alta y muy alta que cuenten con cultivos de producción agrícola.

Identificación del caso de estudio

La ciudad de Popayán es la “capital del departamento de Cauca” (Alcaldía de Popayán, 2024). La Tabla 1 relaciona información edafoclimática del municipio.

Tabla 1.*Información relevante Popayán.*

| Información Relevante Municipio de Popayán | |
|--|--------------------------------|
| Altura | 1738 msnm |
| Temperatura media | 19 °C |
| Temperatura máxima | 29 °C |
| Temperatura mínima | 10 °C |
| Precipitación anual | 1941 mm |
| Extensión territorial | 512 Km ² = 51200 ha |
| Tipo de suelo | Limo- arcilloso |

Nota: Adaptada de Alcaldía de Popayán, 2024, Muñoz, C., et al, 2023, p.244.

Fuente: Autoría propia, 2024.

La subcuenca del río Molino es una de las 4 cuencas que conforman la cuenca del río Cauca presente en el municipio de Popayán teniendo presencia en:

“10 corregimientos, 8 veredas y 4 comunas urbanas , el comportamiento del río se rige por pendientes cortas y altas con caudales regulados por la composición del suelo, en la parte baja tiene gran extensión en formación geomorfológica donde el río pierde torrencialidad y pasa a ser de llanura aluvial. En época de lluvias se represa el río e incrementa su caudal, afectando áreas de producción agropecuaria y ocasionando pérdida de áreas productivas por cambios en el curso del río ” (Muñoz, C., et al, 2023, p.245-246).

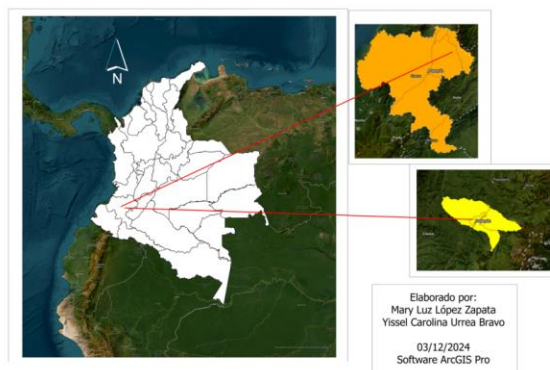
El estudio se centra en el riesgo de inundación de las zonas cultivadas del municipio de Popayán teniendo como base la aplicación del software ArcGIS Pro para modelar los datos, obteniendo resultados que permiten ver la perspectiva actual en cuanto a riesgo de inundación verificando patrones de precipitaciones promedio presentadas desde el año 1991 a 2020 durante el mes de octubre, en

el cual se presentan mayores precipitaciones. Con ello se generará mapa de clasificación de riesgo por inundación en “niveles muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto” (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2024).

Metodología.

Localización.

Figura 1. Localización del área de estudio.



Fuente: Autoría propia, 2024.

El municipio de Popayán se encuentra ubicado al sur occidente de Colombia, sus condiciones climáticas hacen que cultivos como “el café, plátano, papa, hortalizas, arveja, maíz, caña de azúcar y piña” (Muñoz, 2024. p. 114) que involucran grandes productores y economías familiares campesinas puedan generar desarrollo económico agrícola en el municipio. En cuanto al área que ocupa cada cultivo en el municipio, las consultas no arrojan información sectorizada, y entidades como la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria -UPRA- mediante el programa Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria -SIPRA- (2024) “cuentan con datos sólo de la extensión geográfica actual del mapa en formato de descarga shapefile y geodatabase evidenciando en su tabla de atributos un área rural de 39265,66 hectáreas

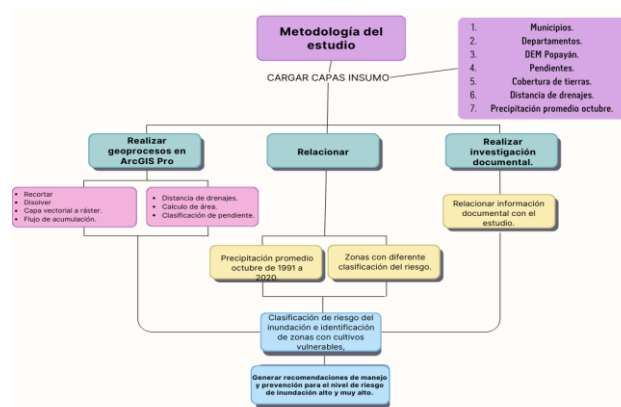
para el municipio de Popayán” al cargar la capa en ArcGIS Pro.

Se espera obtener como resultado del estudio recomendaciones de manejo y prevención para los niveles de riesgo de inundación alto y muy alto en áreas cultivadas a nivel agrícola de la zona rural, por medio del análisis multicriterio de siete capas insumo a través de la herramienta ArcGIS Pro, realizando geoprocursos que permitan obtener datos concluyentes, relacionando la información y por supuesto analizando la información apoyándose de información documental de fuentes confiables. Finalmente, esta información relaciona el nivel de riesgo de inundación del municipio de Popayán y las zonas con cultivos de producción agrícola que se ven afectadas por fenómenos que conllevan a riesgo de inundación en las áreas que presentan nivel de riesgo. Este proceso de evidencia en la figura 2

muchos es difícil acceder a subsidios o seguros de cosecha que les permitan surgir o salir adelante, por lo tanto, es importante mostrar el riesgo de inundación que tiene cada zona del municipio para que se puedan generar programas de prevención alrededor de los predios que se encuentran en la zona rural del municipio.

Con la finalidad de conocer el nivel de riesgo de inundación en la zona rural del municipio de Popayán se realiza por medio del software ArcGIS Pro la aplicación de geoprocursos sobre el municipio de Popayán, al mismo se le suman capas de precipitación, pendientes, cobertura de tierras y distancia entre drenajes que permiten verificar el uso que se le da al suelo del municipio como se presenta en la figura 3 teniendo en cuenta el área agrícola cultivada y los niveles de riesgo de inundación que pueden afectar a los agricultores.

Figura 2. Diagrama de flujo metodología.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Problema.

El riesgo de inundaciones genera pérdidas económicas a los agricultores, para

Información relacionada.

La información manejada en el software ArcGIS Pro se presenta en la Tabla 2, en ella se relacionan las capas usadas para realizar el estudio.

Tabla 2. Capas relacionadas en software ArcGIS Pro.

| Capas insumo usadas | Año |
|---|------|
| Municipios. | 2024 |
| Departamentos. | 2024 |
| *Modelo de Elevación Digital -DEM- municipio Popayán. | 2024 |
| *Pendientes. | 2024 |
| Cobertura de tierras municipio de Popayán (Land Cover). | 2018 |
| Capa de distancia entre drenajes 1:500000. | 2016 |

Precipitación promedio
octubre. 1991-2020

Nota: Capas descargadas de carpeta compartidas y página de Colombia en mapas <https://www.colombiaenmapas.gov.co/#>. Las capas marcadas con * fueron creadas a partir de capas relacionadas en la tabla.

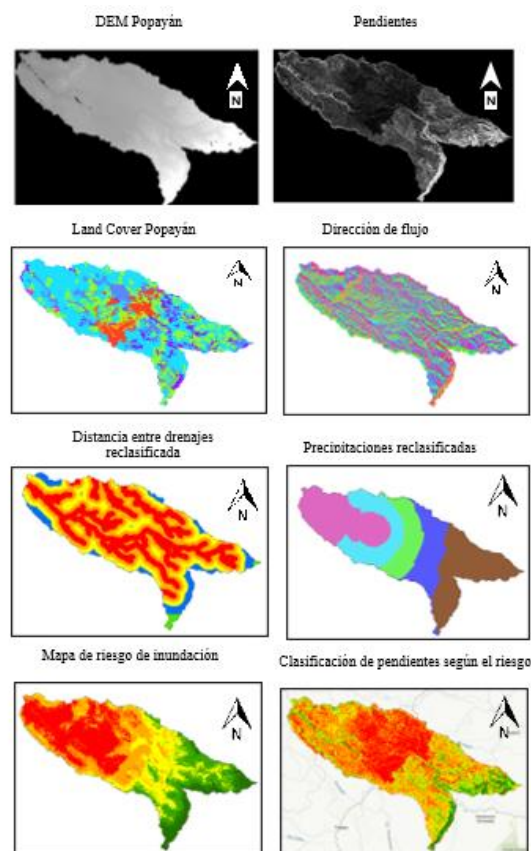
Fuente: Autoría propia, 2024.

Software y geoprocursos usados.

Para la modelación de los datos se usó el software ArcGIS Pro versión 3.3.2 se trabajaron las capas que muestra la Tabla 2 realizando el geoprocuro de disolver al mapa de riesgo del municipio de Popayán para simplificar la información, además de calcular el área en hectáreas de cada nivel de riesgo teniendo en cuenta el análisis multicriterio anteriormente expuesto se define el riesgo de inundación muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Cabe resaltar que las capas del DEM y pendientes son elaboradas realizando diferentes geoprocursos en ArcGIS Pro.

Figura 3.

Geoprocursos realizados a las capas cargadas en ArcGIS Pro.



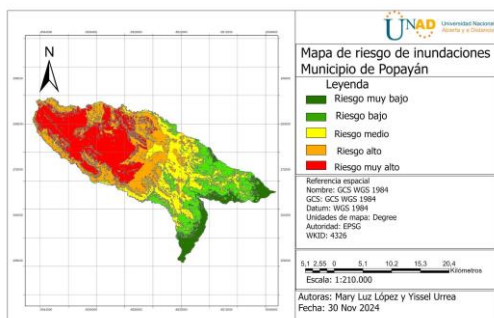
Fuente: Autoría propia, 2024.

Resultados.

El mapa de riesgo de inundaciones para el municipio de Popayán representado en la figura 4 evidencia que la zona noroccidental hasta el centro presenta riesgo de inundación alta y por ende las zonas circundantes presentan riesgo alto, ello incluye su centro poblado. Esta afirmación es referenciada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016. p.32) afirmando que “el municipio de Popayán se encuentra con vulnerabilidad diferencial, siendo el más crítico por tener calificación muy alta de la amenaza y alta vulnerabilidad, es importante priorizar y focalizar acciones en

territorios con mayores niveles de amenaza y vulnerabilidad”.

Figura 4.
Mapa de riesgo de inundaciones de Popayán.



Fuente: Autoría propia 2024.

Dentro de las áreas con riesgo de inundación el riesgo muy alto representa gran área del municipio de Popayán, teniendo 13935,21 hectáreas, seguido del riesgo alto representado en 12055,59 hectáreas, información contenida en la Tabla 3. Entre las áreas mencionadas hay una diferencia de 1879,62 hectáreas, si se compara el diferencial de los niveles de riesgo mayores a futuro si no se tienen planes de mitigación es posible que las zonas que actualmente representan un riesgo alto puedan formar parte del riesgo mayor, esto repercute directamente en las zonas agrícolas cultivadas generando pérdidas a los agricultores de las zonas mencionadas.

Tabla 3.

Tabla de atributos riesgo de inundación Popayán.

| Número de Polígono | Clasificación de Riesgo por Inundación | Área en Hectáreas (ha) |
|--------------------|--|------------------------|
| 1 | Riesgo muy bajo | 3908,45 |
| 2 | Riesgo bajo | 8154,16 |
| 3 | Riesgo medio | 9972,03 |
| 4 | Riesgo alto | 12055,59 |
| 5 | Riesgo muy alto | 13935,21 |

Fuente: Autoría propia, 2024.

La figura 5 presenta el riesgo de inundación en el municipio de Popayán con gran participación del riesgo alto y muy alto, ambos niveles representan el 54,1% del área total del municipio, lo que hace que las precipitaciones promediadas durante los años 1991 a 2020 para el mes de octubre periodo que representa mayor precipitación para el municipio reflejan preocupación y alerta en diferentes autoridades encargadas de la gestión del riesgo. La fuente hídrica de estudio que genera inundación en el municipio de Popayán y con ello pérdida en los cultivos aledaños a su cauce es “el río Molino, cuya cuenca hidrográfica durante su curso pasa por las veredas Poblazon, PISOJÉ bajo, Santa Bárbara, El sendero, Pueblillo, La claridad y por último ingresa al casco urbano hasta desembocar en el río Cauca” (Alcaldía de Popayán, 2022).

Figura 5. Porcentaje de riesgo de inundación Popayán.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Cabe resaltar que las zonas con cultivos permanentes y las áreas agrícolas heterogéneas representan 23969,6 hectáreas de un total de 48037,93 hectáreas en la zonificación del municipio como se presenta en la Tabla 4. Esta área de cultivos de producción agrícola representa un 49,9% distribuida en la totalidad del municipio, esta cifra la refleja la figura 6.

Según Instituto Colombiano Geográfico Agustín Codazzi -IGAC- (2021, p.3-6) “La clase de capacidad del suelo reúne en tres grandes grupos:

Grupo de tierras con capacidad para utilizarse en agricultura y ganadería tecnificada de tipo intensivo y semi intensivo (clases 1 a 4) con porcentaje de pendiente de 0 a 3%.

Grupo de tierras que pueden utilizarse en forma restringida, en actividades agrícolas, ganaderas, agroforestales y/o forestales (clases 5-6-7) , hasta el 7% de pendiente.

Tierras que deben utilizarse sólo en preservación, conservación y ecoturismo (clase 8) hasta el 12% de pendiente

Las tierras de las clases 1 a 4 tienen capacidad para utilizarse en agricultura y ganadería. Las tierras de la clase 5 no son aptas para agricultura convencional por limitaciones diferentes a erosión, como la ocurrencia de inundaciones prolongadas y la presencia de pedregosidad superficial”.

Las prácticas de manejo y conservación de suelos de las tierras cultivables en el municipio de Popayán pueden contribuir a

mejorar la capacidad de infiltración del agua lluvia, la distribución del agua con la construcción de drenajes adecuados para evitar el lavado del suelo, posterior pérdida y erosión. “Estrategias y técnicas como la rotación de cultivos, labranza de conservación, enmiendas orgánicas y agroforestería han demostrado su efectividad para mejorar la salud y productividad del suelo si se implementan adecuadamente según las condiciones locales” (Carranza, et al., 2024, p.20).

Brown, Gómez y Carmenates (2024, p.220) en su investigación concluyen que “los resultados de un análisis granulométrico realizado demostraron que la fracción arcillosa es predominante en 67,1% ello explicó el funcionamiento hídrico deficiente de un suelo mal drenado”.

“En Perú las obras de defensa ribereñas que se propone en el Río Huallaga, tienen protección de zonas pobladas y de zonas dedicadas a la agricultura, existiendo una obra de defensa ribereña que protege del impacto de las aguas, evitando la extensión de erosión e inundación en terrenos agrícolas” (Romero, 2024).

Prácticas como el monocultivo y mecanización en la zona plana de cultivos como la caña de azúcar pueden generar compactación por presión y por ende lavado de las capas superficiales al momento de enfrentar posibles inundaciones; “para caña de azúcar un suelo con característica arcillosa presenta mayor resistencia a la compactación por el paso del tractor, sin embargo, si pasa los 50 cm de profundidad se puede observar efectos de esta” (Arana, 2023, p.90).

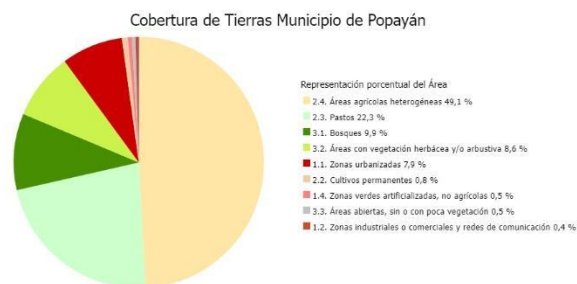
Esta situación puede verse reflejada en el municipio en la zona plana, en donde los afluentes pueden rebozarse y salir a las zonas con menor porcentaje de pendiente; según

López (2023, p.56) “en estudio realizado al río Mocoa y Caquetá en el Putumayo muestra aporte de material por arrastre como grandes extensiones de terreno con topografía plana, siendo llanuras de inundación antiguas y recientes”. La figura 7 muestra la ubicación de las zonas con cultivos de producción agrícola cubriendo mayor zona del municipio las áreas heterogéneas, sin embargo, se puede observar que la mitad de esta zona se encuentra en la zona noroccidental hasta la zona central, ambas zonas se encuentran en riesgo muy alto de inundación. Además, la figura 7 también evidencia que el área representada en cultivos permanentes también se encuentra en riesgo de inundación muy alto. Triana (2024, p.59) en estudio realizado en “Cali, Valle del Cauca a la quebrada el hospital, referencia que los SIG presentan una solución abordando la problemática de desbordamiento, porque tiene la capacidad de apoyar en la toma de decisiones en planificación urbana mejorando la gestión territorial. También, “la zonificación ambiental de la vereda Pueblillo en Popayán concluyó que la modificación de la vocación del suelo alteró el flujo y desarrollo de las especies en ecosistemas del sector, la fisionomía, estructura y composición de las coberturas vegetales” (Camayo y Chacón, 2023, p.134).

| | | |
|----|--|----------|
| 3 | 1.4 Zonas verdes artificializadas, no agrícolas. | 248,09 |
| 4 | 2.2 Cultivos permanentes. | 365,51 |
| 5 | 2.3 Pastos. | 10721,84 |
| 6 | 2.4 Áreas agrícolas heterogéneas. | 23604,09 |
| 7 | 3.1 Bosques. | 4732,43 |
| 8 | 3.2 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva. | 4126,76 |
| 9 | 3.3 Áreas abiertas, sin o con poca vegetación. | 223,17 |
| 10 | 5.1 Aguas continentales. | 20,88 |

Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 6.
Porcentaje del área de cobertura de Tierra Popayán.

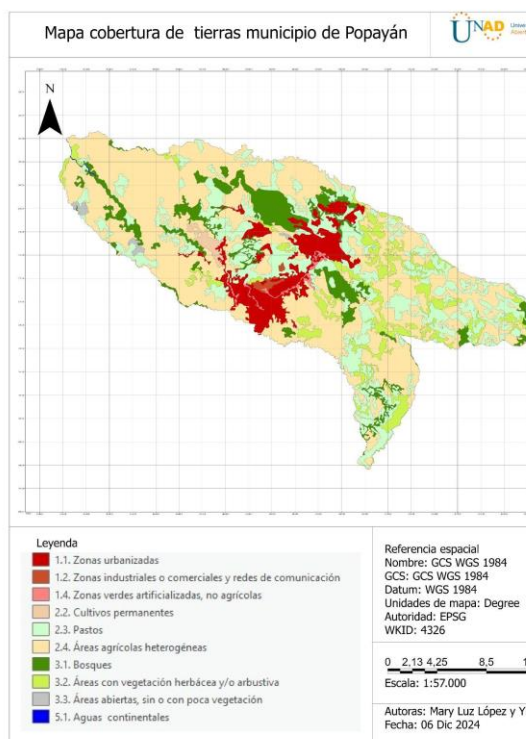


Fuente: Autoría propia, 2024.

Tabla 4. Tabla de atributos con zonificación de Popayán.

| Número de Polígono | Clasificación de Cobertura de tierras Nivel 2. | Área en Hectáreas (ha) |
|--------------------|---|------------------------|
| 1 | 1.1 Zonas urbanizadas. | 3809,02 |
| 2 | 1.2 Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación. | 186,14 |

Figura 7.
Referenciación zonas con cultivos de producción agrícola Popayán.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Conclusiones

El municipio de Popayán tiene un nivel de riesgo muy alto de inundación el cual se ve reflejado en la sumatoria de las áreas de mayor riesgo (riesgo muy alto y riesgo alto) obteniendo como resultado el 54,1% del área total correspondiente al municipio evidenciado en la figura 5, una cifra preocupante ya que gran parte del área cultivada se encuentra en zona de riesgo, lo que conlleva a pérdidas en los cultivos de pequeños y medianos agricultores.

El suelo es uno de los recursos fundamentales para el desarrollo de la vida y por ende es el recurso indispensable para la agricultura, por este motivo debe ser cuidado y protegido de los daños que pueden causar las

lluvias e inundaciones. Uno de los fenómenos negativos que podemos tener es la lixiviación provocando la pérdida de nutrientes disponibles y logrando la disminución en la productividad de los cultivos.

Las autoridades nacionales, departamentales y municipales deberán apoyar la gestión, generación de obras y aplicación de prácticas adecuadas para la producción agrícola, apoyadas en profesionales del área para que pequeños y grandes productores puedan prevenir el riesgo de inundación en sus parcelas. Cabe resaltar que la expansión de la frontera agrícola a zonas no autorizadas aumenta el riesgo de inundación debido a que la barrera de protección para las afluentes de agua se reducirá.

Recomendaciones

Promover el uso de sistemas de drenaje en las zonas cultivadas donde las inundaciones sean frecuentes para disminuir el daño que puede ocasionar este factor abiótico a las plantas. Estos sistemas consisten en canalizar el agua por medio de zanjones y acequias que conduzcan el agua a un lugar de drenaje donde el agua no represente riesgo de inundación.

Realizar procesos de educación y concientización con las comunidades rurales a partir de la gestión del riesgo apoyados por proyectos productivos de mitigación en pro de proteger el ambiente y las barreras de protección de las fuentes hídricas que permiten menguar o disminuir la velocidad del agua al momento de enfrentar una creciente y/o desbordamiento de los cauces. Esta práctica permite que el agricultor se apropie del territorio y conozca los medios para proteger su vida, su vivienda y por supuesto los sistemas de cultivo que tengan como medio de sustento económico.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Popayán. (2022). *Territorios- Base rural*.
<https://popayan.gov.co/mimunicipio/territorios/forms/allitems.aspx>
- Alcaldía de Popayán. (2024). Nuestra geografía.
<https://www.popayan.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Nuestra-Geografia.aspx#gsc.tab=0>.
- Brown Manrique, O., Gómez Lorenzo, F. Z., & Carmenates Hernández, D. (2024). *Evaluación de parámetros físicos, químicos e hidrológicos en suelos con problemas de mal drenaje*. *Universidad & Ciencia*, 12(3), 209–223.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8371555>
- Camayo-Sánchez, A., Chacón-Paja J.A. (2023). Uso de los SIG en la zonificación ambiental de las canteras de arcilla en la vereda Pueblillo, del municipio de Popayán-Cauca. *Revista Novedades Colombianas*, 18(1).
<https://doi.org/10.47374/novcol.2023.v18.2300>
- Carranza-Patiño, M., Aragundi-Sabando, L., Macias-Barrera, K., Paredes-Sarabia, E., & Villegas-Ramírez, A. (2024). Conservación y Manejo Sostenible del Suelo en la Agricultura: Una Revisión Sistemática de Prácticas Tradicionales y Modernas. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(E3), 1–28.
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE3/303>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2009). *Documento Conpes 3624*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%20C3%B3micos/3624.pdf>
- ESRI inc. (2024). *ArcGIS Pro (Versión 3.3.2)* [Software], <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>
- Instituto Colombiano Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. (2021). Clasificación de las tierras por su capacidad de uso.
https://www.igac.gov.co/sites/default/files/listadomaestro/in-gag-pc05-02_clasificacion_de_las_tierras_por_su_capacidad_de_uso.pdf
- López, M.A. (2023). *Evaluación de la amenaza por inundación del río Mocoa y Río Caquetá en el sector Puerto Limón, Putumayo (Colombia)*. [Tesis de especialización, Universidad Antonio Nariño]. Repositorio UAN.
<https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/1eec13f5-4d33-4a02-a4c8-7a7c5bc85b81/content>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Departamento de Cauca 2040*.
- Muñoz, C., Gómez, G., Silva, M., Hernández, C., Solarte V., Toledo, A. (2023). *Desafíos Tecnológicos en la Gestión del Riesgo del Río Molino en la Ciudad de Popayán (Colombia)*. *Serie cultura y territorio*, 6, 241-255.
<http://hdl.handle.net/10437/14374>
- Muñoz J. (2024). *Proyecto del plan de desarrollo del municipio de Popayán 2024-2027*.
<https://www.popayan.gov.co/SecretariaSyEntidades/secPlaneacion/Documents/Documento%20PDM%20Popay%20C3%A1n%202024-2027%20ultima%20version.pdf>
- Pantoja, O., Cruz, L., Muñoz, V. (2024). *Estudio básico de suelos derivados de ceniza volcánica modificados con cemento (bajos contenidos de cemento)*. *Revista UIS ingenierías*, 23(4), 1-16
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9817764>
- Portal Único del Estado Colombiano. (s.f.). Colombia en mapas.
<https://www.colombiaenmapas.gov.co/#>

Romero, L.A. (2024). *Creación de servicios de protección de áreas urbanas y agrícolas contra inundaciones en la localidad de Huaracalla, márgenes izquierdo y derecho del río Huallaga, distrito de Ambo, Huánuco, 2023*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio institucional UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/9567>

Sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria -SIPRA-. (2024). Datos sólo de la extensión geográfica actual del mapa [shp.https://sipra.upra.gov.co/nacional/consulta-documentos](https://sipra.upra.gov.co/nacional/consulta-documentos)

Triana Márquez, M. J. (2024). *Desarrollo de propuesta de un sistema urbano de drenaje sostenible para la mitigación de inundaciones de la cuenca alta de la quebrada el hospital Cali, Valle del Cauca*. [Tesis de pregrado, Universidad El Bosque] Repositorio institucional Universidad El Bosque. <https://hdl.handle.net/20.500.12495/13039>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, (2024). *Guía de actividades y rúbrica de evaluación – fase 6*.

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/GJCIQFKcROQ>